



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 637.344.8

DOI 10.24411/0235-2486-2020-10113

Технологические методы улучшения функциональных свойств гидролизатов для специального и детского питания

Ю.Я. Свириденко, д-р биол. наук, академик; Д.С. Мягконов*, канд. техн. наук; Д.В. Абрамов, канд. биол. наук; Е.Г. Овчинникова
ВНИИ маслodelия и сыроделия – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, г. Углич, Ярославская обл.

С.В. Симоненко, д-р техн. наук; Т.А. Антипова, д-р биол. наук

НИИ детского питания – филиал ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Истра, Московская обл.

Дата поступления в редакцию 20.08.2020

* mds-mail@mail.ru

Дата принятия в печать 28.09.2020

© Свириденко Ю.Я., Мягконов Д.С., Абрамов Д.В., Овчинникова Е.Г., Симоненко С.В., Антипова Т.А., 2020

Реферат

Гидролизаты сывороточных белков (ГСБ), получаемые с помощью ферментного препарата Панкреатин имеют хорошую перевариваемость и низкую степень антигенности. Такие гидролизаты имеют ряд недостатков, связанных с несбалансированной формой молекулярно-массового распределения: горький вкус, связанный с наличием пептидов массой более 1 кДа, и повышенную осмоляемость (более 540 мосм/л), связанную с наличием большого количества свободных аминокислот и малых пептидов массой менее 0,5 кДа. Протеолитический ферментный препарат Alcalase позволяет получать гидролизаты сывороточных белков, имеющие молекулярно-массовое распределение с преобладающим содержанием пептидов от 1 до 5 кДа, что обеспечивает низкую степень антигенности ($1,6 \pm 0,2 \cdot 10^{-5}$) гидролизата и осмоляемость 10 %-ного раствора на физиологическом уровне (не более 290 мосм/л). Недостатком гидролизата, получаемого с помощью Alcalase, является горький вкус, связанный с наличием в гидролизате гидрофобных пептидов. Исследовано влияние разных технологических методов для коррекции вкусовых показателей гидролизатов, получаемых с помощью Alcalase. Установлено, что при использовании дополнительного гидролиза с помощью экзопептидазы повышается содержание свободных аминокислот и малых пептидов массой менее 0,5 кДа, которые придают гидролизату нежелательный привкус. Мембранная фильтрация позволяет селективно удалить пептиды массой более 3 кДа, что снижает выраженность горького вкуса, но приводит к потере части белковых веществ в ретентате. Составление смесей из гидролизатов с разным молекулярно-массовым распределением продуктов гидролиза позволяет получать смесь, содержащую не более 4 % пептидов массой более 5 кДа и не более 40 % свободных аминокислот и малых пептидов массой менее 0,5 кДа, что обеспечивает практически нейтральные органолептические показатели получаемой смеси.

Ключевые слова

белки, гидролиз, гидролизаты, специальное питание, антигенность, осмоляемость, мембранная фильтрация

Для цитирования

Свириденко Ю.Я., Мягконов Д.С., Абрамов Д.В., Овчинникова Е.Г., Симоненко С.В., Антипова Т.А. (2020) Технологические методы улучшения функциональных свойств гидролизатов для специального и детского питания // Пищевая промышленность. 2020. № 10. С. 12–17.

Technological methods for improving the functional properties of hydrolysates for specialized and infant nutrition

Yu.Ya. Sviridenko, Doctor of Biological Sciences, Academician of RAS; D.S. Myagkonosov*, Candidate of Technical Sciences; D.V. Abramov, Candidate of Biological Sciences; E.G. Ovchinnikova

All-Russian Scientific Research Institute of Butter - and Cheesemaking – Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems RAS, Uglich, Yaroslavl' region

S.V. Simonenko, Doctor of Technical Sciences; T.A. Antipova, Doctor of Biological Sciences

Research Institute of Baby Food – Branch of Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Istra, Moscow region

Received: August 20, 2020

* mds-mail@mail.ru

Accepted: September 28, 2020

© Sviridenko Yu.Ya., Myagkonosov D.S., Abramov D.V., Ovchinnikova E.G., Simonenko S.V., Antipova T.A., 2020

Abstract

Whey protein hydrolysates (WPH) produced by the protease preparation Pancreatin have good adsorption kinetics and low antigenicity. Such hydrolysates have a number of disadvantages associated with an unbalanced form of molecular weight distribution: bitter taste associated with the presence of peptides weighing more than 1 kDa and increased osmolality (over 540 mOsm/L) associated with the presence of a large amount of free amino acids and short-chain peptides weighing less than 0.5 kDa. Proteolytic enzyme preparation Alcalase makes it possible to obtain whey protein hydrolysates having a molecular weight distribution with a predominant content of peptides from 1 to 5 kDa, which provides a low degree of antigenicity ($(1,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$) of the hydrolysate and osmolality of 10% solution at the physiological level (no more than 290 mOsm/l). The disadvantage of the hydrolysate obtained using Alcalase is the bitter taste associated with the presence of hydrophobic peptides in the hydrolysate. The influence of different technological methods for the correction of the taste parameters of hydrolysates obtained with the help of Alcalase was investigated. It was found that when using additional hydrolysis with exopeptidase, the content of free amino acids and short-chain peptides with a mass of less than 0.5 kDa increases, which impart an undesirable taste to the hydrolysate. Membrane filtration makes possible the selective removal of peptides with a mass of more than 3 kDa, which reduces the severity of the bitter taste, but leads to the loss of some of the protein substances in the retentate. Composing mixtures of hydrolysates with different molecular weight distributions of hydrolysis products makes it possible to obtain a mixture containing no more than 4% of peptides weighing more than 5 kDa and no more than 40% of free amino acids and short-chain peptides weighing less than 0.5 kDa, which provides almost neutral organoleptic characteristics of the obtained mixtures.

Key words

proteins, hydrolysis, hydrolysates, special nutrition, antigenicity, osmolality, membrane filtration

For citation

Свириденко Ю.Я., Мягконов Д.С., Абрамов Д.В., Овчинникова Е.Г., Симоненко С.В., Антипова Т.А. (2020) Технологические методы для улучшения функциональных свойств гидролизатов для специального и детского питания // Пищевая промышленность. 2020. № 10. С. 12–17.



Введение. Продукты специального питания составляются на основе рецептур, включающих белковую, углеводную, липидную составляющие и дополнительные компоненты, служащие для придания им требуемых свойств (витамины, микроэлементы, биологически активные комплексы сложного состава) [1]. Наибольшее значение в составе функциональных продуктов имеет белковая составляющая. В целях улучшения функциональных свойств продуктов специального питания в качестве белковой компоненты предпочтительно использование ферментативных гидролизатов пищевых белков, полученных с использованием современных ферментных препаратов и технологических подходов [2].

К положительным свойствам гидролизатов белков, делающих предпочтительным их использование в составе продуктов специального питания, относятся:

- улучшение перевариваемости (снижение нагрузки на органы пищеварения, повышение скорости адсорбции в кишечнике) [2, 3, 4];
- снижение антигенности в сравнении с интактными белками [2, 5];
- наличие биологически активных свойств (например, антиокислительной активности) [6].

Однако гидролиз белка приводит к появлению нежелательных побочных эффектов. В большинстве исследований главным пороком вкуса гидролизата отмечается «горечь», возникающая в результате высвобождения гидрофобных пептидов молекулярной массой от 1 до 6 кДа, содержащих в своем составе гидрофобные аминокислоты: лейцин, изолейцин, тирозин, триптофан, фенилаланин [8]. Пептиды, высвобождаемые при умеренном гидролизе, содержат нерасщепленные аминокислотные последовательности, обладающие антигенными свойствами (так называемые эпитопы) [2]. Средством, позволяющим бороться как с горечью, так и с антигенностью, является расщепление пептидов на более мелкие фрагменты [10, 11, 12]. Антигенные свойства гидролизатов полностью элиминируются при устранении из их состава пептидов молекулярной массой более 3 кДа [5], а горький вкус полностью исчезает при устранении из состава гидролизата пептидов молекулярной массой более 1 кДа [7].

Дальнейшее повышение степени гидролиза дает неблагоприятный эффект в виде повышения осмоляльности раствора гидролизата [7, 9]. Также появляется специфический «гидролизатный» привкус. Это связано с тем, что пептиды массой менее 0,5 кДа и свободные аминокислоты обладают собственным выраженным вкусом, который характеризуется как «острый, пикантный, грибной, бульонный» [13, 14, 15].

Во избежание появления в гидролизате высокой осмоляльности и пороков вкуса следует обеспечить равномерное

молекулярно-массовое распределение продуктов гидролиза, с преобладанием коротких пептидов длинной цепи не более 15 аминокислотных остатков (что соответствует молекулярной массе менее 2,0 кДа [5]) при ограниченном содержании свободных аминокислот [16] и полном отсутствии остатков негидролизованного интактного белка.

Цель работы – сравнение ряда технологических методов, позволяющих регулировать молекулярно-массовое распределение продуктов гидролиза и зависящие от него функциональные свойства гидролизатов.

Объекты и методы исследований.

В качестве сырья для изготовления гидролизатов использовали концентрат сыровоточных белков (далее КСБ), полученный методом ультрафильтрации «LEDOR MO 80 T» (производитель Hochdorf Swiss Nutrition AG, Швейцария).

Для гидролиза использовали ферментные препараты:

- Панкреатин из поджелудочных желез КРС (ABC Farmaceutici S. p. A., Италия);
- Flavourzyme® 1000 L (Novozymes A/S, Дания);
- Alcalase® 2.4 L (Novozymes A/S, Дания).

Молекулярно-массовое распределение продуктов гидролиза определяли методом гель-фильтрации высокого разрешения с использованием колонки Superose™ 12 (GE Healthcare). Степень остаточной антигенности определяли иммуноферментным методом в лаборатории НИИ питания РАМН. Оценка выраженности вкуса гидролизатов проводили по условной 5-балльной шкале (0 баллов – нейтральный вкус, 5 баллов – сильно выраженный вкус).

Результаты и обсуждение.

Подбор протеолитических ферментов с требуемой специфичностью гидролиза.

ВНИИМС в сотрудничестве с НИИ питания РАМН разработана технология гипоаллергенного гидролизата сыровоточных белков молока [17]. Технология гидролизата основана на использовании для гидролиза белкового субстрата высокоэффективных протеолитических ферментных препаратов (далее ФП) Панкреатин и Flavourzyme. Препарат Панкреатин позволяет достигнуть высокой степени гидролиза и получить гидролизат с хорошими показателями перевариваемости и низкой степенью остаточной антигенности. При этом Панкреатин образует большое количество продуктов гидролиза, обладающих выраженным горьким вкусом. В целях снижения горького вкуса в состав ферментной смеси для гидролиза был введен ФП Flavourzyme, содержащий в своем составе экзопептидазы [18], способные к расщеплению

гидрофобных пептидов, являющихся источником горького вкуса.

Получаемый по разработанной технологии гидролизат обладает недостатками, связанными с наличием большого количества свободных аминокислот и малых пептидов массой менее 0,5 кДа: специфическим «гидролизатным» вкусом и повышенной осмоляльностью. Это ограничивает его применение в продуктах для специального и детского питания. Исходя из этого была поставлена задача по совершенствованию технологии гидролиза для получения гипоаллергенного гидролизата, обладающего нейтральным вкусом и осмотическими показателями на уровне изотонического раствора. Для получения такого гидролизата следует использовать ФП, образующие в результате гидролиза преимущественно средние и короткие пептиды [18]. По результатам исследований был выбран ФП Alcalase, обладающий высокой эффективностью и позволяющий получать гидролизаты сыровоточных белков с высоким выходом (до 75 % массы гидролизата из единицы массы сырья) при достаточной высокой степени гидролиза (DH ≈ 20–25%) и низком содержании свободных аминокислот [7, 19].

Гидролизат, полученный при помощи комплекса ферментных препаратов (Панкреатин + Flavourzyme), содержит менее 6% пептидов молекулярной массой свыше 3 кДа и может характеризоваться как «глубокий» гидролизат. Гидролизат, полученный с помощью препарата эндопептидазы (Alcalase), содержит не более 10% пептидов молекулярной массой более 5 кДа, поэтому может характеризоваться как «частичный» гидролизат [20] (рис. 1).

Показатели гидролизатов, получаемых с использованием ФП с разной протеолитической специфичностью, приведены в табл. 1.

Осмоляльность раствора гидролизата, полученного с помощью ФП Alcalase, находится на изотоническом уровне (320 ± 20 мосм/л) [21], что создает для него широкий спектр применения.

Проведение многоступенчатого гидролиза

Недостатком гидролизатов сыровоточных белков молока, получаемых с помощью ФП Alcalase, является наличие большого количества пептидов массой от 1 до 10 кДа. Для достижения в гидролизате требуемого состава продуктов гидролиза, обеспечивающего низкий уровень горького вкуса и антигенности, может быть проведен дополнительный гидролиз с помощью ФП, содержащих экзопептидазы [10, 16, 22]. Использование ФП Flavourzyme для расщепления горьких пептидов в гидролизате, полученном с помощью ФП Alcalase, должно дать эффект снижения горечи при умеренном накоплении продуктов гидролиза с малым молекулярным весом.



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

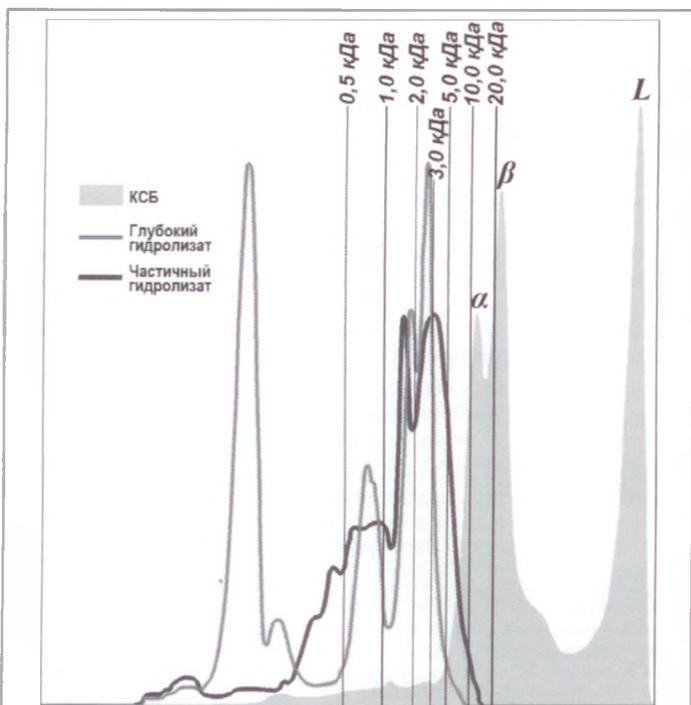


Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение в концентрате и гидролизатах сывороточных белков, полученных с использованием разных ферментов: КСБ – концентрат сывороточных белков молока (LEDOR 80 T, Hochdorf Swiss Nutrition AG); L – белковая фракция, содержащая липопротеины, фосфолипиды и казеины; α – фракция альфа-лактоальбумина (MW = 14 кДа); β – фракция бета-лактоглобулина (MW = 36 кДа). Глубокий гидролизат получен при помощи комплекса ФП Панкреатин + Flavourzyme. Частичный гидролизат получен с помощью ФП Alcalase

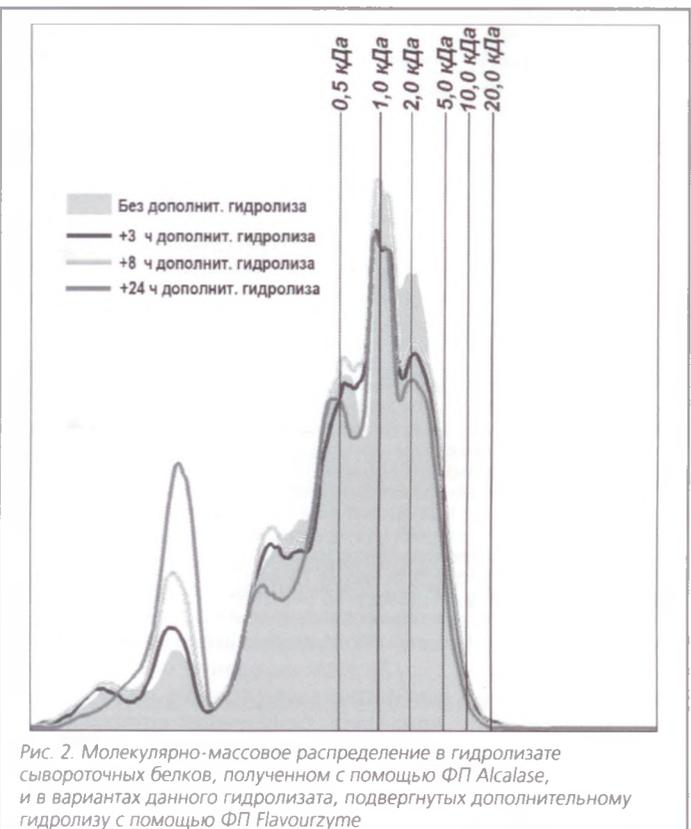


Рис. 2. Молекулярно-массовое распределение в гидролизатах сывороточных белков, полученном с помощью ФП Alcalase, и в вариантах данного гидролизата, подвергнутых дополнительному гидролизу с помощью ФП Flavourzyme

Таблица 1

Характеристики гидролизатов сывороточных белков, полученных с использованием ФП с разной протеолитической специфичностью

Показатель	ФП, использованный для гидролиза	
	Комплекс Панкреатин + Flavourzyme	Alcalase
Массовая доля влаги, %	5,5±0,7	5,6±0,3
Массовая доля общего белка, %	76,5±1,4	84,4±2,3
Массовая доля зольного остатка, %	6,7±1,1	7,5±3,0
Массовая доля лактозы, %	Менее 0,1%	Менее 1,0%
Массовая доля азота свободных аминокислот и низших пептидов, %	6,6±0,2	3,2±0,1
Активная кислотность (раствора 10% сухих веществ), ед. рН	6,9±0,1	6,9±0,1
Осмоляльность (раствора 10% сухих веществ), ммоль/л воды	544±2	282±2
Остаточная антигенность	$(1,16±0,13) \cdot 10^{-5}$	$(1,56±0,19) \cdot 10^{-5}$
Вкус гидролизата	Негорький, выраженный специфический привкус («гидролизатный»)	В меру выраженный горький вкус, без «гидролизатного» и иных привкусов

Таблица 2

Органолептические показатели гидролизатов

Продолжительность дополнительного гидролиза препаратом экзопептидазы	Степень выраженности вкуса		Органолептические показатели гидролизатов (раствор 5% сухих веществ)
	Горький	«Гидролизатный»	
0 ч	+++	-	В меру выраженный горький вкус, чистый, без «гидролизатного» и иных привкусов
3 ч	++	-	Слабый горький вкус, едва ощутимое «гидролизатное» послевкусие
8 ч	++	++	Слабый горький вкус, легкое «гидролизатное» послевкусие
24 ч	+/-	+++	Практически негорький (едва ощутимая горечь), в меру выраженный специфический привкус («гидролизатный»)

Таблица 3

Аналитические показатели состава гидролизата сывороточных белков

Показатель	Значение показателя
Массовая доля влаги, %	5,6
Массовая доля общего белка, %	84,4
Массовая доля аминного азота, %	3,2
Массовая доля зольного остатка, %	2,9
Активная кислотность (раствора м. д. сухих веществ 10%), ед. рН	6,9
Осмоляльность (раствора 10% сухих веществ), ммоль/л воды	290
Остаточная антигенность	менее $2,5 \cdot 10^{-5}$

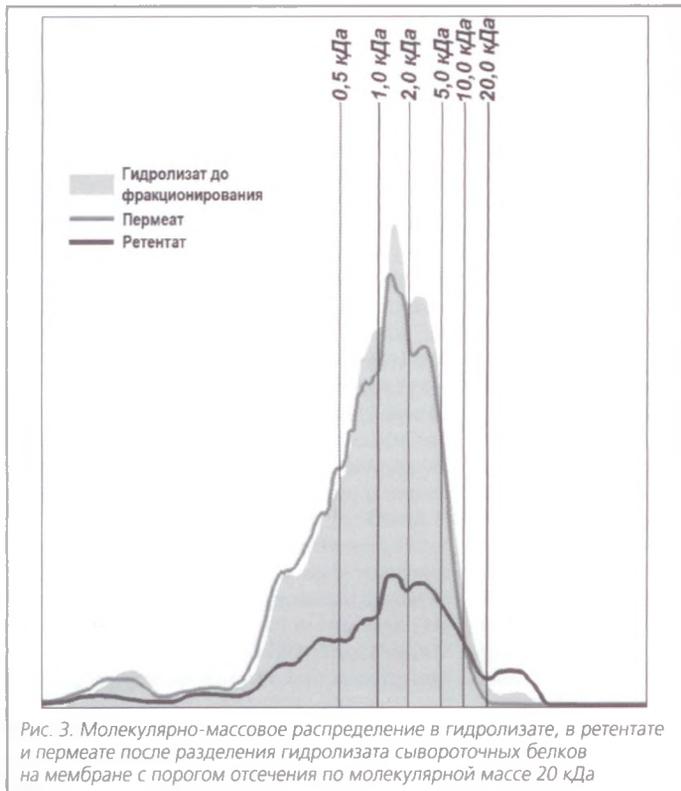


Рис. 3. Молекулярно-массовое распределение в гидролизате, в ретенате и пермеате после разделения гидролизата сывороточных белков на мембране с порогом отсеивания по молекулярной массе 20 кДа

На рис. 2 представлено молекулярно-массовое распределение в гидролизате сывороточных белков, полученном с помощью ФП Alcalase, а также в вариантах данного гидролизата, подвергнутых дополнительному гидролизу с помощью ФП Flavourzyme.

В процессе гидролиза препаратом экзопептидазы (ФП Flavourzyme) в гидролизате с течением времени уменьшается доля азотистых фракций молекулярной массой более 1,0 кДа и возрастает доля фракций низкомолекулярных пептидов и аминокислот (< 0,5 кДа). Излишне длительный гидролиз препаратом экзопептидазы приводит к увеличению содержания в гидролизате доли свободных аминокислот и возникновению нежелательного «гидролизатного» вкуса (табл. 2).

Фракционирование гидролизата на селективных мембранах

Снизить содержание фракций с молекулярной массой свыше 3 кДа, обладающих антигенными свойствами и горьким вкусом, можно методом фракционирования (фльтрации) гидролизата на селективных мембранах [11, 15].

ВНИИМС была разработана технология гидролизата сывороточных белков с использованием процессов мембранного разделения, предназначенного для использования в составе продуктов функционального (детского, лечебного и спортивного) питания [23] (табл. 3).

Молекулярно-массовое распределение азотистых фракций в гидролизате до и по-

сле мембранного разделения приведено на рис. 3.

Из данных, приведенных на рис. 3, видно, что после фильтрации гидролизата на мембранах с порогом отсеивания 20 кДа отмечается небольшое снижение содержания азотистых фракций с молекулярной массой свыше 5 кДа, и повышается количество низкомолекулярных фракций с массой менее 1 кДа. После фракционирования отмечалось снижение степени выраженности горького вкуса в сравнении с исходным гидролизатом. Вкус гидролизата после фракционирования характеризовался как «слабо выраженный горький, с легким «гидролизатным» привкусом». Недостатком технологии мембранной фильтрации является потеря части гидролизата в ретенате, что приводит к снижению выхода гидролизата.

Компонентный способ (составление смесей гидролизатов)

Путем решения проблемы с получением гидролизата стандартного по составу от партии к партии является использование приема нормирования молекулярно-

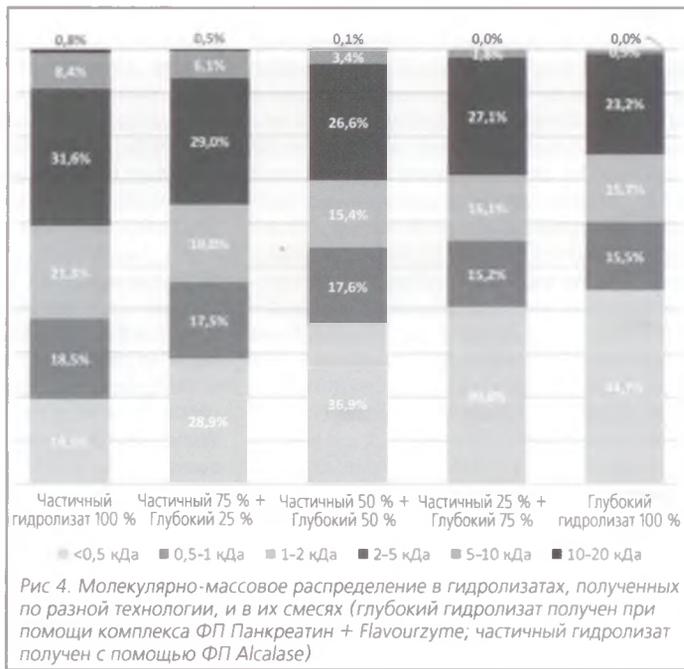


Рис. 4. Молекулярно-массовое распределение в гидролизатах, полученных по разной технологии, и в их смесях (глубокий гидролизат получен при помощи комплекса ФП Панкреатин + Flavourzyme; частичный гидролизат получен с помощью ФП Alcalase)

Таблица 4

Органолептические показатели смесей гидролизатов

Вариант смеси	Степень выраженности вкуса			Органолептические показатели гидролизатов (раствор 5% сухих веществ)
	Глубокий гидролизат	Горький	«Гидролизатный»	
Частичный гидролизат 100%	0%	++++	-	В меру выраженный горький вкус, чистый, без «гидролизатного» и иных привкусов
Частичный 75% + Глубокий 25%	25%	++	-	Слабый горький вкус, едва ощутимое «гидролизатное» послевкусие
Частичный 50% + Глубокий 50%	50%	++	+	Слабый горький вкус, легкое «гидролизатное» послевкусие
Частичный 25% + Глубокий 75%	75%	+	+	Практически негорький, очень слабо выраженный «гидролизатный»
Глубокий гидролизат 100%	100%	-	+++	Негорький, в меру выраженный специфический привкус («гидролизатный»)

массового распределения путем смешивания гидролизатов с разной степенью гидролиза. Подобный прием используется для регулирования молекулярно-массового распределения белковых основ питательных сред для микробиологии [24].

На рис. 4 приведено молекулярно-массовое распределение в смесях гидролизатов сывороточных белков, получаемых из гидролизатов с разной степенью гидролиза.

В зависимости от соотношения в смеси продуктов гидролиза с разной молекулярной массой изменяется вкус смеси (табл. 4).

Из данных, представленных в табл. 4, видно, что составление смеси из ги-



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

дрозлизатов, имеющих разный характер молекулярно-массового распределения, позволяет получать смесь, содержащую не более 4% пептидов массой более 5 кДа и не более 40% свободных аминокислот и малых пептидов массой менее 0,5 кДа, что обеспечивает практически нейтральные органолептические показатели получаемой смеси. Недостатком «компонентного» способа является его ограниченная возможность регулирования молекулярно-массового распределения из-за невозможности снижения количества пептидов с большим весом и свободных аминокислот в отдельных гидролизатах, используемых для составления смеси.

Заключение. Гидролизаты сывороточных белков ВНИИМС были успешно испытаны в составе рецептур продуктов детского питания. В результате исследований, проведенных совместно с НИИ детского питания, был разработан продукт для спортивного питания школьников «Продукт молочный стерилизованный «Спортивный» [25].

ЛИТЕРАТУРА

1. Тютельян, В.А. Научные основы здорового питания/В.А. Тютельян, А.И. Вялков, А.Н. Разумов [и др.]. – М.: Панорама, 2010. – 816 с.
2. Зорин, С.Н. Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания // Вопросы питания. – 2019. – №3. – Т. 88. – С. 23–31. Doi: 10.24411/0042-8833-2019-10026
3. Grimble, G.K. The significance of peptides in clinical nutrition // Annual Review of Nutrition. – 1994. – Vol. 14. – P. 419–447.
4. Grimble, G.K. Effect of Peptide Chain Length on Absorption of Egg Protein Hydrolysates in the Normal Human Jejunum/G.K. Grimble, R.G. Rees, P.P. Keohane [et al.] // Gastroenterology. – 1987. – Vol. 92. – P. 136–142.
5. Van Beresteijn, E.C. Molecular Mass Distribution Immunological Properties and Nutritive Value of Whey Protein Hydrolysates/E. C. van Beresteijn, R.A. Peeters, J. Kaper [et al.] // Journal of Food Protection. – 1994. – Vol. 57. – No. 7. – P. 619–625.
6. Damgaard, T. Antioxidant capacity of hydrolyzed animal by-products and relation to amino acid composition and peptide size distribution/T. Damgaard, R. Lametsch, J. Otte // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52. – No. 10. – P. 6511–6519.
7. Gonzalez-Tello, P. Enzymatic Hydrolysis of Whey Proteins. II. Molecular-Weight Range/P. Gonzalez-Tello, F. Carnacho, E. Jurado [et al.] // Biotechnology and Bioengineering. – 1994. – Vol. 44. – P. 529–532.
8. Liu, X. Identification of Bitter Peptides in Whey Protein Hydrolysate/X. Liu, D. Jiang, D.G. Peterson // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2014. – Vol. 62. – No. 25. – P. 5719–5725. DOI: 10.1021/jf4019728
9. Hernandez, R. Production and Characterization of an Enzymatic Hydrolysate of Skim Milk Lactose and Proteins/R. Hernandez, J.A. Asenjo // Journal of Food Science. – 1982. – Vol. 47. – No. 6. – P. 1895–1898. Doi: 10.1111/j. 1365–2621.1982.tb12908.x
10. Saha, B.C. Debittering of protein hydrolyzates/B.C. Saha, K. Hayashi // Biotechnology Advances. – 2001. – Vol. 19. – No. 5. – P. 355–370. Doi: 10.1016/s0734-9750 (01) 00070–2
11. Quintieri, L. Reduction of whey protein concentrate antigenicity by using a combined enzymatic digestion and ultrafiltration approach/L. Quintieri, L. Monaci, F. Baruzzi [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 54. – P. 1910–1916. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2625-5
12. Meinschmidt, P. Soy protein hydrolysates fermentation: Effect of debittering and degradation of major soy allergens/P. Meinschmidt, U. Schweiggert-Weisz, P. Eisner // LWT-Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 71. – P. 202–212.
13. Solms, J. The taste of amino acids, peptides and proteins // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1969. – Vol. 17. – P. 686–688.
14. Kurchenko, V.P. Whey protein partial hydrolysates for specialized and infant nutrition/V.P. Kurchenko, T.N. Halavach, E.M. Cherviakovsky [et al.] // Russian Agricultural Sciences. – 2011. – Vol. 37. – P. 90–93. https://doi.org/10.3103/S1068367411010125
15. Berends, P. Sensory and antigenic properties of enzymatic wheat gluten hydrolysates produced in an enzyme membrane reactor in comparison with batch/P. Berends, M. Merz, A. Kochjohann [et al.] // European Food Research and Technology. – 2017. – Vol. 243. – P. 807–816. https://doi.org/10.1007/s00217-016-2794-x
16. Neklyudov, A.D. Properties and Uses of Protein Hydrolysates/A.D. Neklyudov, A.N. Ivankin, A.V. Berdutina // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2000. – Vol. 36. – No. 5. – P. 452–459.
17. Патент №2529707 РФ. МПК А23J 1/20 (2006.01). Способ производства гидролизата сывороточных белков с высокой степенью гидролиза и низкой остаточной антигенностью/Ю.Я. Свириденко, Д.В. Абрамов, Д.С. Мягконос [и др.]; заявитель и патентообладатель ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, №2012158005; заявл. 28.12.2012; опубл. 10.07.2014, бюлл. №19.
18. Merz, M. Characterization of commercially available peptidases in respect of the production of protein hydrolysates with defined compositions using a three-step methodology/M. Merz, W. Claaßen, & D. Appel, P. Berends [et al.] // Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic. – 2016. – Vol. 127. – P. 1–10. 10.1016/j. molcatb. 2016.02.002.
19. Doucet, D. Enzyme-induced gelation of extensively-hydrolyzed whey proteins by alcalase: peptide identification and determination of enzyme specificity/D. Doucet, D.E. Otter, S.F. Gauthier [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Vol. 51. – P. 6300–6308.
20. Vandenplas, Y. Should Partial Hydrolysates Be Used as Starter Infant Formula? A Working Group Consensus/Y. Vandenplas, P. Alarcon, D. Fleischer [et al.] // Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. – 2016. – Vol. 62. – No. 1. – P. 22–35. doi: 10.1097/MPG. 0000000000001014
21. Воробьева, И.С. Стандартизация метода определения осмоляльности специализированных пищевых продуктов/И.С. Воробьева, А.А. Кочеткова, В.М. Воробьева // Вопросы питания. – 2015. – №2. – Т. 84. – С. 68–75.
22. Gilmartin, L. Production of cod (Gadus morhua) muscle hydrolysates. Influence of combinations of commercial enzyme preparations on hydrolysate peptide size range/L. Gilmartin, J. Jervis // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 5417–5423.
23. Патент №2663583 РФ. МПК А23J 3/08, А23J 3/30, А23J 3/34, А23J 1/20 (2006.01). Способ производства гидролизата сывороточных белков/Ю.Я. Свириденко, Д.В. Абрамов, Д.С. Мягконос [и др.]; заявитель и патентообладатель ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, №2015156941; заявл. 30.12.2015; опубл. 06.07.2017, бюлл. №19.
24. BD Bionutrients™ Technical Manual [Electronic resource]. URL: http://www.dia-m.ru/upload/iblock/25a/461-bdadvancedbiotech.pdf
25. Антипова, Т.А. Продукт «Спортивный» для питания школьников/Т.А. Антипова, С.В. Фелик, Е.С. Симоненко // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2018. – Т. 21. – С. 115–119. Doi: 10.30679/2587-9847-2018-21-115-119

REFERENCES

1. Tutel'jan VA, Vyalkov AI, Razumov AN et al. Nauchnyje osnovy zdorovogo pitaniya [Scientific basics of health nutrition. Handbook]. Moscow: Panorama, 2010. 816 p. (In Russ.)
2. Zorin SN. Fermentativnyye gidrolizaty pishhevyyh belkov dlja specializirovannyh pishhevyyh produktov dieticheskogo (lechebnogo i profilakticheskogo) pitaniya [Enzymatic hydrolysates of food proteins for specialized foods for therapeutic and prophylactic nutrition]. Voprosy Pitaniya [Problems of Nutrition]. 2019. Vol. 88. No. 3. P. 23–31. Doi: 10.24411/ 0042-8833-2019-10 026 (In Russ.)
3. Grimble GK. The significance of peptides in clinical nutrition. Annual Review of Nutrition. 1994. Vol. 14. P. 419–447.



4. Grimble GK, Rees RG, Keohane PP, Cartwright T, Desreumaux M, Silk DBA. Effect of Peptide Chain Length on Absorption of Egg Protein Hydrolysates in the Normal Human Jejunum. *Gastroenterology*. 1987. Vol. 92. P. 136–142.
5. Van Beresteijn ECH, Peeters RA, Kaper J, Meijer RJGM, Robben AJPM, Schmidt DG. Molecular Mass Distribution Immunological Properties and Nutritive Value of Whey Protein Hydrolysates. *Journal of Food Protection*. 1994. Vol. 57. No. 7. P. 619–625.
6. Damgaard T, Lametsch R, Otte J. Antioxidant capacity of hydrolyzed animal by-products and relation to amino acid composition and peptide size distribution. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. No. 10. P. 6511–6519.
7. Gonzalez-Tello P, Carnacho F, Jurado E, Paez MP, Guadix EM. Enzymatic Hydrolysis of Whey Proteins. II. Molecular-Weight Range. *Biotechnology and Bioengineering*. 1994. Vol. 44. P. 529–532.
8. Liu X, Jiang D, Peterson DG. Identification of Bitter Peptides in Whey Protein Hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. Vol. 62. No. 25. P. 5719–5725. DOI: 10.1021/jf4019728
9. Hernandez R, Asenjo JA. Production and Characterization of an Enzymatic Hydrolysate of Skim Milk Lactose and Proteins. *Journal of Food Science*. 1982. Vol. 47. No. 6. P. 1895–1898. Doi: 10.1111/j. 1365–2621.1982.tb12908.x
10. Saha BC, Hayashi K. Debittering of protein hydrolysates. *Biotechnology Advances*. 2001. Vol. 19. No. 5. P. 355–370. Doi: 10.1016/s0734–9750 (01) 00070–2
11. Quintieri L, Monaci L, Baruzzi F, Giuffrida MG, de Candia S, Caputo L. Reduction of whey protein concentrate antigenicity by using a combined enzymatic digestion and ultrafiltration approach. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54. P. 1910–1916. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2625-5>
12. Meinschmidt P, Schweiggert-Weisz U, Eisner P. Soy protein hydrolysates fermentation: Effect of debittering and degradation of major soy allergens. *LWT-Food Science and Technology*. 2016. Vol. 71. P. 202–212.
13. Solms J. The taste of amino acids, peptides and proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1969. Vol. 17. No. 4. P. 686–688. Doi: 10.1021/jf60164a016
14. Kurchenko VP, Halavach TN, Cherviakovskiy EM, Simonenko SV, Kharitonov VD. Whey protein partial hydrolysates for specialized and infant nutrition. *Russian Agricultural Sciences*. 2011. Vol. 37. No. 1. P. 90–93. <https://doi.org/10.3103/S1068367411010125>
15. Berends P, Merz M, Kochjohann A, Philipps L, Blank I, Stressler T, Fischer L. Sensory and antigenic properties of enzymatic wheat gluten hydrolysates produced in an enzyme membrane reactor in comparison with batch. *European Food Research and Technology*. 2017. Vol. 243. P. 807–816. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2794-x>
16. Neklyudov AD, Ivankin AN, Berdutina AV. Properties and Uses of Protein Hydrolysates. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2000. Vol. 36. No. 5. P. 452–459.
17. Patent № 2529707 RF. MPK A23J 1/20 (2006.01). Sposob proizvodstva gidrolizata syvorotochnykh belkov s vysokoy stepeniyu gidroliza i nizkoy ostatochnoy antigennostiyu; zajavitel' i patentoobladatel' FNC pishhevyyh sistem im. V.M. Gorbatova RAN [Patent № 2529707 RF. MPK A23J 1/20 (2006.01). Sposob proizvodstva gidrolizata syvorotochnykh belkov s vysokoy stepeniyu gidroliza i nizkoy ostatochnoy antigennostiyu. Sviridenko Yu Ya, Abramov DV, Myagkonosov DS, Tutel'jan VA, Mazo VK, Zorin SN; zajavitel' i patentoobladatel' FNC pishhevyyh sistem im. V.M. Gorbatova RAN]. No. 2012150805; zajavl. 28.12.2012; opubl. 10.07.2014; bjul. No. 19 (In Russ.).
18. Merz M, Claaßen W, & Appel D, Berends P, Rabe S, Blank I, Stressler T, Fischer L. Characterization of commercially available peptidases in respect of the production of protein hydrolysates with defined compositions using a three-step methodology. *Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic*. 2016. Vol. 127. P. 1–10. Doi: 10.1016/j. molcatb. 2016.02.002.
19. Doucet D, Otter DE, Gauthier SF, Foegeding EA. Enzyme-induced gelation of extensively-hydrolyzed whey proteins by alcalase: peptide identification and determination of enzyme specificity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003. Vol. 51. P. 6300–6308.
20. Vandenplas Y, Alarcon P, Fleischer D, Hernell O, Kolacek S, Laignelet H, Lönnerdal B, Raman R, Rigo J, Salvatore S, Shamir R, Staiano A, Szajewska H, van Goudoever HJ, von Berg A, Lee WS. Should Partial Hydrolysates Be Used as Starter Infant Formula? A Working Group Consensus. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2016. Vol. 62. No. 1. P. 22–35. Doi: 10.1097/MPG. 0000000000001014
21. Vorob'jeva IS, Kochetkova AA, Vorob'jeva VM. Standartizacija metoda opredelenija osmoljal'nosti specializirovannykh pishhevyyh produktov [Standardization of the method of osmolality determination of specialized foods]. *Voprosy Pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015. Vol. 84. No. 2. P. 68–75 (In Russ.).
22. Gilmartin L, Jervis J. Production of cod (*Gadus morhua*) muscle hydrolysates. Influence of combinations of commercial enzyme preparations on hydrolysate peptide size range. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. P. 5417–5423.
23. Patent № 2663583 RF. MPK A23J 3/08, A23J 3/30, A23J 3/34, A23J 1/20 (2006.01). Sposob proizvodstva gidrolizata syvorotochnykh belkov; zajavitel' i patentoobladatel' FNC pishhevyyh sistem im. V.M. Gorbatova RAN [Patent № 2529707 RF. MPK A23J 1/20 (2006.01). Sposob proizvodstva gidrolizata syvorotochnykh belkov. Sviridenko Yu Ya, Abramov DV, Myagkonosov DS, Ovcinnikova EG, Tutel'jan VA, Mazo VK, Zorin SN; zajavitel' i patentoobladatel' FNC pishhevyyh sistem im. V.M. Gorbatova RAN]. No. 2015156941; zajavl. 30.12.2015; opubl. 06.07.2017, bjul. No. 19 (In Russ.).
24. BD Bionutrients™ Technical Manual [Electronic resource]. 2020. URL: <http://www.dia-m.ru/upload/iblock/25a/461-bdadvancedbiotech.pdf>
25. Antipova TA, Felik SV, Simonenko ES. Produkt «Sportivniy» dlja pitaniia shkol'nikov [Product «Sportivniy» for school nutrition]. *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo centra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeija* [Scientific proceedings of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking]. 2018. Vol. 21. P. 115–119 (In Russ.). Doi: 10.30679/2587-9847-2018-21-115-119.

Авторы

Свириденко Юрий Яковлевич, д-р биол. наук, академик, Мягконосов Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук, Абрамов Дмитрий Васильевич, канд. биол. наук, Овчинникова Елена Григорьевна
ВНИИ маслodelия и сыроделия – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, 152613, Ярославская обл., г. Углич, Красноармейский б-р, д. 19, mds-mail@mail.ru
Симоненко Сергей Владимирович, д-р техн. наук, Антипова Татьяна Алексеевна, д-р биол. наук
НИИ детского питания – филиал ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи, 143500, Московская обл., г. Истра, ул. Московская, д. 48, info@niidp.ru

Authors

Yuriy Ya. Sviridenko, Doctor of Biological Sciences, Academician of RAS, Dmitry S. Myagkonosov, Candidate of Technical Sciences, Dmitry V. Abramov, Candidate of Biological Sciences, Elena G. Ovchinnikova
All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking – Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems RAS, 19, Krasnoarmeysky boulevard, Uglich, Yaroslavl' region, 152613, mds-mail@mail.ru
Sergey V. Simonenko, Doctor of Technical Sciences, Tat'yana A. Antipova, Doctor of Biological Sciences
Research Institute of Baby Food – Branch of Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 48, Moscow str., Istra, Moscow region, 143500, info@niidp.ru